

## INDICE GENERAL

MOTIVACIÓN, OBJETIVOS Y SUMARIO DE LA TESIS DOCTORAL .....	1
Motivación.....	1
Objetivos.....	3
Sumario.....	5
1. INTRODUCCIÓN A LAS TEORÍAS DE LA POTENCIA ELÉCTRICA. GENERACIÓN, RECEPTORES Y EQUIPOS DE MEDIDA. ....	9
1.1. Definiciones de la Potencia Eléctrica. ....	13
1.1.1. Definiciones de potencia propuestas por Budeanu (1927). ....	15
1.1.2. Teoría de la potencia eléctrica de Fryze (1932). ....	16
1.1.3. Definiciones recogidas en el Standard 100 del IEEE. ....	18
1.1.4. Teoría de la potencia del IEEE Std. 1459-2000. ....	19
1.1.4.1. Teoría de la potencia eléctrica del IEEE Std. 1459-2000 en sistemas monofásicos. ....	20
1.1.4.1.1. Sistemas monofásicos lineales.....	21
1.1.4.1.2. Sistemas monofásicos no lineales.....	23
1.1.4.2. Teoría de la potencia eléctrica del IEEE Std. 1459-2000 en sistemas trifásicos .....	25
1.1.4.2.1. Sistema trifásico lineal y equilibrado.....	27
1.1.4.2.2. Sistema trifásico lineal y desequilibrado.....	29
1.1.4.2.3. Sistema trifásico no lineal con tensiones asimétricas y corrientes desequilibradas. ....	31
1.1.4.2.4. Ejemplo de un sistema trifásico no lineal con tensiones asimétricas y corrientes desequilibradas.....	36
1.2. Causas y efectos básicos de los desequilibrios en los sistemas eléctricos. ....	40
1.3. Causas y efectos básicos de la distorsión en los sistemas eléctricos.....	42
1.4. Conclusiones .....	44

2. ANÁLISIS Y APORTACIONES A LA TEORÍA DE LA POTENCIA ELÉCTRICA IEEE STD.1459-2000.....	47
2.1. Aportaciones a la teoría de la potencia eléctrica del IEEE Std. 1459-2000.....	49
2.1.1. Descomposición de la potencia de desequilibrio.....	50
2.1.2. Definición de nuevos factores de mérito.....	53
2.2. Conclusiones.....	53
3. SISTEMAS DE MEDIDA DE LA POTENCIA ELÉCTRICA.....	55
3.1. Equipos de medidas y teorías de la potencia eléctrica.....	55
3.2. Equipos de medida basados en el IEEE Std.1459-2000.....	57
3.2.1. Metodología de medidas basada en la transformada Wavelet.....	57
3.2.2. Metodología de medidas basada en el algoritmo de Newton.....	61
3.2.2.1. Funcionamiento del Algoritmo de Newton.....	61
3.2.2.2. Definición de las componentes de potencia básicas propuestas por el IEEE Std.1459-2000 y descripción del algoritmo numérico de dos estados.....	62
3.2.3. Sistema de medida basado en el dominio del tiempo para la detección del armónico fundamental de tensiones y corrientes.....	66
3.2.3.1. Detección de las componentes fundamentales de secuencia positiva, negativa y cero en un sistema trifásico a cuatro hilos.....	67
3.2.3.2. Detección de las componentes fundamentales de secuencia positiva y negativa en un sistema trifásico a tres hilos con tensiones equilibradas.....	70
3.2.3.3. Detección de la componente fundamental en un sistema monofásico.....	71
3.2.3.4. Medida de las magnitudes en formato IEEE Std.1459-2000.....	71
3.3. Normativa sobre los equipos de medidas comerciales.....	72
3.4. Conclusiones.....	77
4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MEDIDAS PROPUESTO.....	79
4.1. Funcionamiento del sistema digital de medidas.....	80
4.2. Análisis del sistema de sincronización con la red eléctrica.....	88
4.2.1. Diseño del filtro de red (SOGI).....	89
4.2.1.1. Discretización del filtro SOGI.....	92

4.2.2.	Obtención de la secuencia positiva de la tensión de red (DSC).	94
4.2.3.	Diseño del SPLL.	98
4.2.3.1.	Modelo continuo linealizado del SPLL.	99
4.2.3.2.	Ajuste de las constantes del SPLL.	101
4.2.3.3.	Especificaciones del comportamiento en lazo cerrado.	101
4.2.3.4.	Ajuste de las constantes del modelo discreto linealizado del SPLL.	102
4.3.	Conclusiones.	105
5.	SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE MEDIDAS.	107
5.1.	Técnicas de simulación.	108
5.2.	Simulación del sistema de sincronización con la Red Eléctrica.	109
5.2.1.	Simulación del filtro SOGI.	109
5.2.2.	Simulación de la DSC.	111
5.2.2.1.	Filtrado de la DSC y aportaciones al sistema de sincronización.	114
5.2.3.	Simulación del SPLL.	116
5.2.4.	Simulación del sistema de sincronización (SOGI+DSC+PLL).	133
5.3.	Simulación del sistema de medidas. Tipos de carga y sistema de alimentación para la medida.	143
5.3.1.	Tensiones de alimentación senoidales y equilibradas.	146
5.3.2.	Carga trifásica lineal desequilibrada.	146
5.3.2.1.	Carga trifásica lineal desequilibrada resistiva.	147
5.3.2.2.	Carga trifásica lineal desequilibrada con componente inductiva.	150
5.3.3.	Carga trifásica no lineal desequilibrada y con desfase.	154
5.3.4.	Tensiones de alimentación senoidales y desequilibradas.	158
5.3.5.	Carga trifásica lineal desequilibrada.	158
5.3.5.1.	Carga trifásica lineal desequilibrada resistiva.	159
5.3.5.2.	Carga trifásica lineal desequilibrada con componente inductiva.	162
5.3.6.	Carga trifásica no lineal desequilibrada y con desfase.	166
5.3.7.	Otros casos significativos.	170

5.3.7.1.	Tensiones de alimentación no lineales.....	170
5.3.7.2.	Tensiones de alimentación lineales con desfase y asimetría.....	175
5.3.8.	Simulacion de la SDFE.....	176
5.4.	Conclusiones.....	178
6.	DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA HARDWARE.....	181
6.1.	Descripcion de la plataforma hardware del sistema de medidas IEEE Std.1459...	181
6.2.	Especificaciones técnicas del sistema de medidas.....	185
6.3.	El entorno de programación del DSP “Code Composer Studio”.....	189
6.4.	Sistema monitor implementado para el sistema de medidas.....	190
6.5.	Conclusiones.....	195
7.	ENSAYOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	197
7.1.	Tensiones de alimentación senoidales y equilibradas.....	199
7.1.1.	Carga trifásica lineal desequilibrada.....	201
7.1.2.	Carga lineal desequilibrada con componente inductiva.....	205
7.1.3.	Carga trifásica no lineal desequilibrada y con desfase.....	208
7.2.	Tensiones de alimentación senoidales y desequilibradas.....	211
7.2.1.	Carga trifásica lineal desequilibrada.....	212
7.2.2.	Carga trifásica lineal desequilibrada con componente inductiva.....	216
7.2.3.	Carga trifásica no lineal desequilibrada y con desfase.....	220
7.3.	Conclusiones.....	224
8.	APORTACIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO. PUBLICACIÓN DE RESULTADOS.....	227
8.1.	Aportaciones.....	227
	Líneas de trabajo futuro.....	228
8.2.	Resultados de la tesis doctoral.....	228
	ANEXO I. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE MEDIDAS POWER GUIA 440S DE LA MARCA COMERCIAL DRANETZ BMI.....	231
	REFERENCIAS.....	237